

Biophilic Agritecture ~自然と人間が共存する「あわい」の空間~

00. Concept 日常に現れる Biophilia

人間は、Biophiliaと呼ばれる「自然と繋がりたい」という本能的な欲求を持つ。都市化に伴い、人間は都市で人工物である建築に囲まれ生活するようになり、人間のBiophiliaは隠れていき、心の豊かさや生物多様性を失いつつある。これを取り戻すには、都市における空間の多様性を認め、人々が日常的に、自然と交わり合い共存することが必要である。Biophiliaを思い出させる自然と人間の共存する空間が、都市において今、求められている。



01. Proposal 自然と人間の「あわい」を創る

自然と人間が共存する、自然と人間の「あわい」の空間を都市において創る。

~ 成長の場としての「あわい」 ~

ホーカーセンター・マーケットはシンガポールの人々の食を支える場所であり、人間の生物的な成長を支える場である。一方、農園は農作物が成長する場である。シンガポールの食料安全性確保の課題解決の一歩として、人間と農作物の成長の場の複合を考える。

~ 環境としての「あわい」 ~

都市は人間中心の計画が成されている。人間が自然に寄り添い、自然の快適性を確保することで、人間のための都市において、自然と人間の共存空間を創り出す。



02. Site Singapore, Ghim Moh Hawker Market

02-b ホーカーセンター

シンガポールの人々は、ホーカーセンターと呼ばれる半屋外の屋台で食事を楽しむ。廉価でローカルな食べ物を求める人々が集まる。



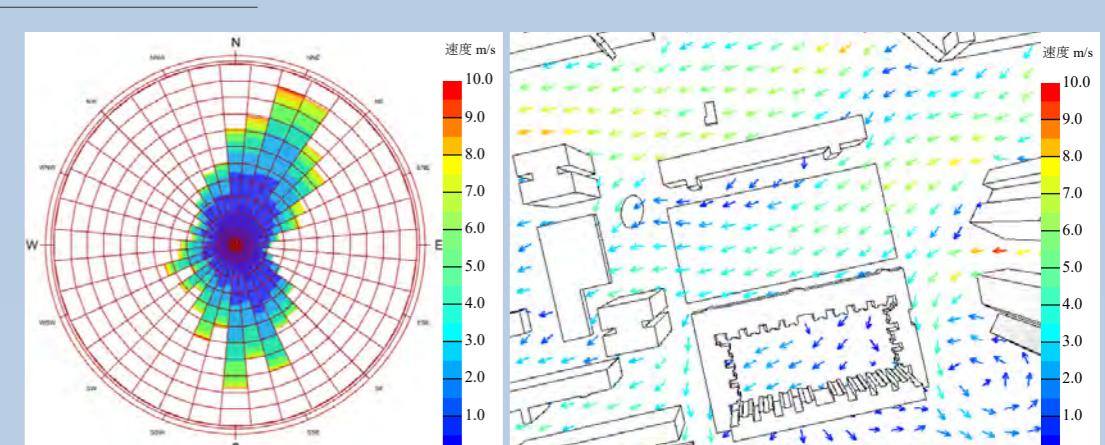
02-c マーケット

敷地であるGhim Moh Marketで販売される半屋外の屋台で食事を楽しむ。廉価でローカルな食べ物を求める人々が集まる。



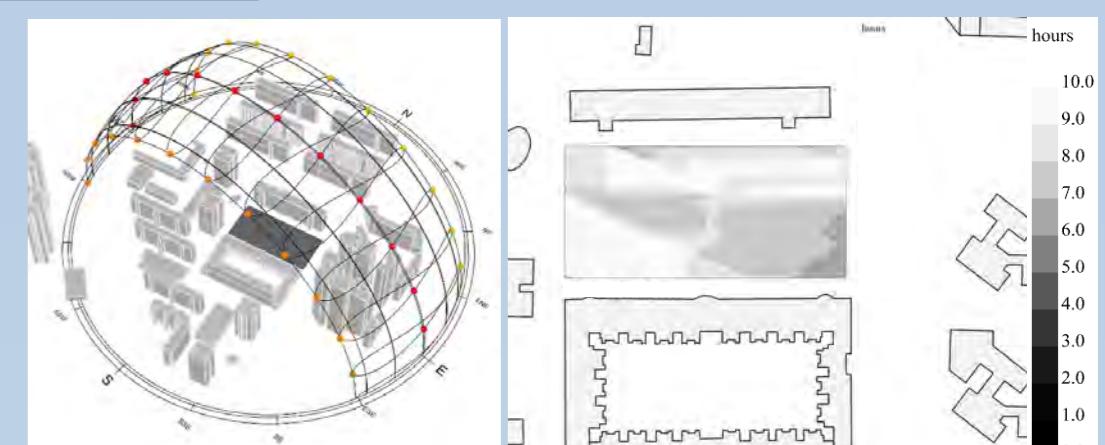
02-d 風環境

敷地では、北東からの季節風の影響が最も大きい。北東からの季節風が吹く時、敷地の地表面付近では、周辺の建物によって穏やかな風が吹く。



02-e 光環境

敷地の東側に新たに建設される高層住宅や周辺建物によって、春分・秋分における地表面付近での日照時間の減少が見られることから、立地的に農業を行う可能性を考える。



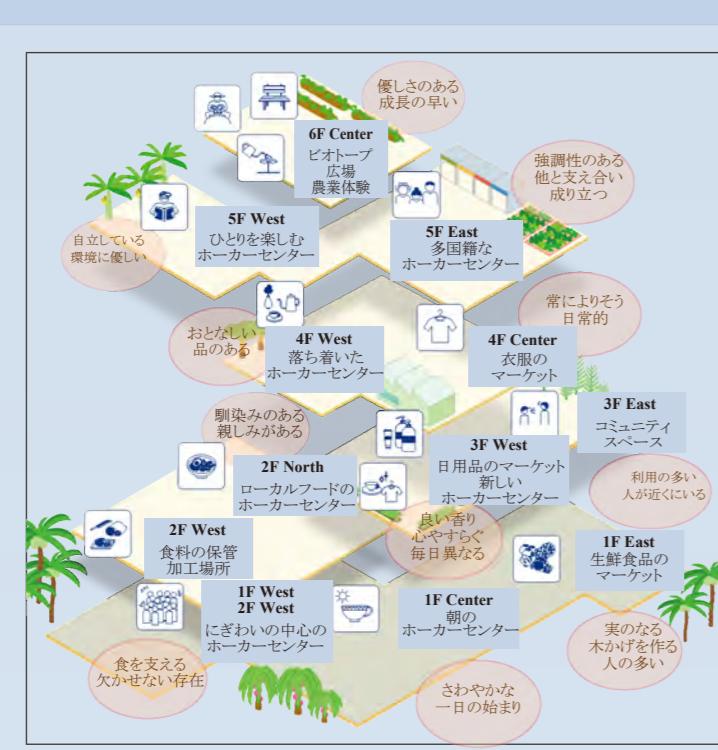
03. Design Method 自然の快適性を確保する設計

「あわい」の空間は、自然側からの提案で自然の快適性が確保される空間となる必要がある。この設計では、農作物の光環境を快適にする最適なスラブの配置を求め、建築をつくる。以下に設計における手順と説明、解析結果を示す。

03-1 かかわりから決定する農作物の位置

101 農作物のゾーニング

地域における人の流れやこの場所に求められる役割から、必要なホーカーセンター・マーケットを決定する。これらが配置されるスラブにおいて、その空間が持つ性格を同スラブに植える農作物の性格に反映させる。

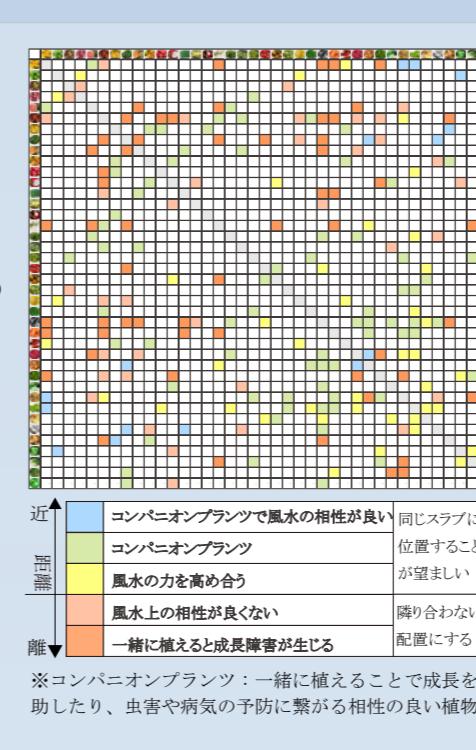


102 農作物と地域の関係

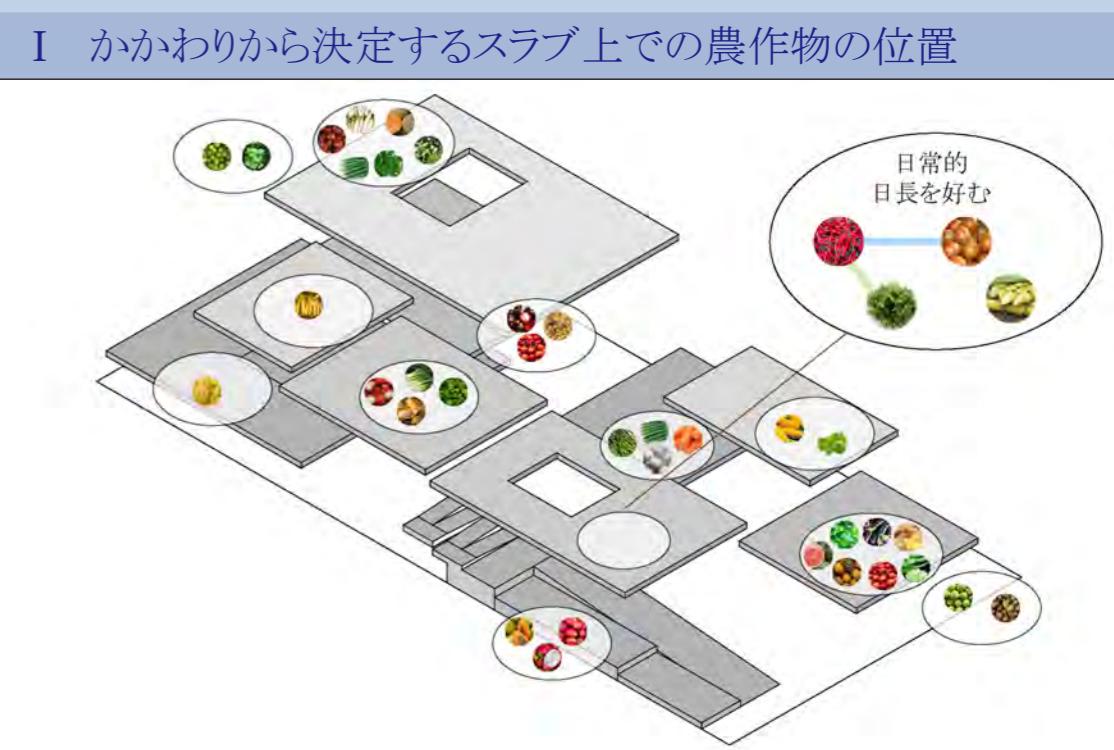


103 農作物同士の関係

選択した農作物40種類をの農作物同士の相性を示す。相性の良いものは同じスラブに植え、悪いものを遠ざけるようにして、最初に決定した空間の性格と合うように、農作物を植えるスラブを決定する。また、敷地に吹く風の影響を考慮した配置とする。



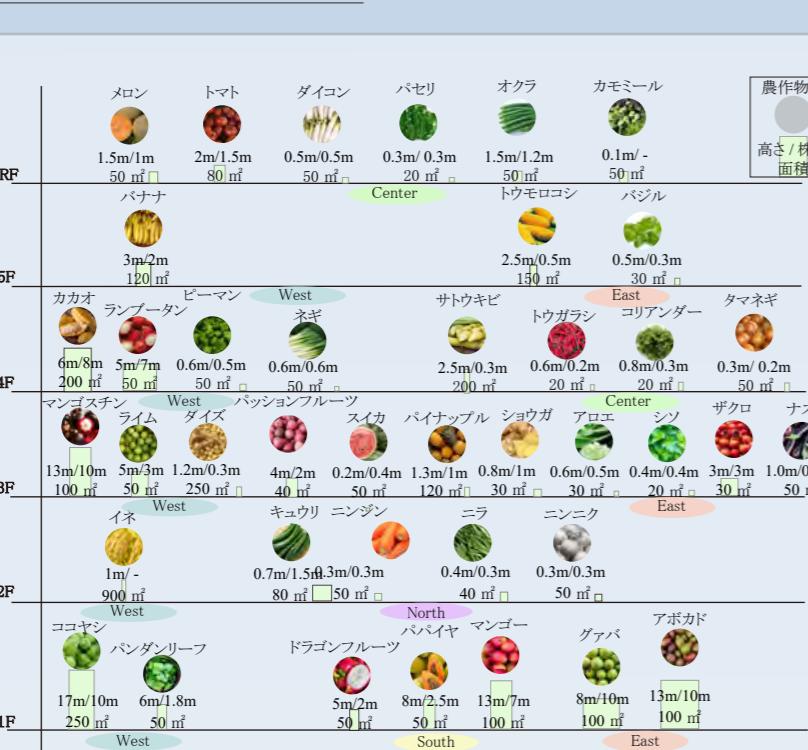
I かかわりから決定するスラブ上での農作物の位置



03-II 農作物の居場所の決定と評価方法

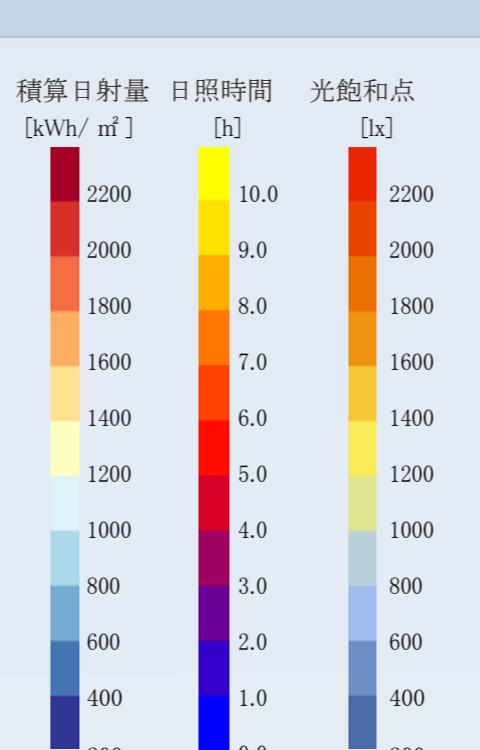
201 農作物の配置の決定

03-I を踏まえ、農作物を決定したスラブの上で、それぞれの高さ・作付面積でモデル化する。モデル化した農作物とそのスラブ同士が衝突しない、制限を持つつ、スラブが敷地内で水平方向に動くようにパラメータを設定する。



202 光環境の指標

農作物の成長に最も大きな影響を与える要素は、光環境に関するものである。農作物の光環境を評価するための項目として、
 • 日射量 [kWh/m²]
 • 日照時間 [h]
 • 光飽和点 (照度) [lx]



203 農作物ごとの目標値

農作物には光環境の指標の目標値がある。モデル化した農作物表面でシミュレーションによって算出される値が、それぞれの目標値に近づくように、スラブ配置の最適化を行う。
 ※光射量は文献より、農作物それぞれに適した値に、日射量と日照時間に関しては安全率=1.3を乗じたものとし、光飽和点に関してはそのままの値を使用することで、農作物が最大速度で成長できる値とする。
 (出典: BSI 生物科学研究所) を参照

II 農作物の居場所の決定と評価方法

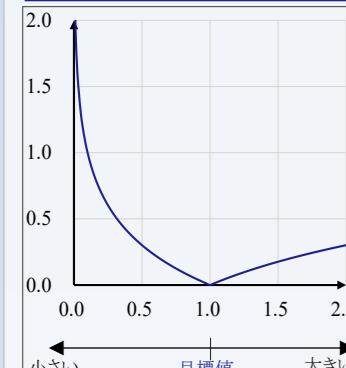


03-III スラブの配置の最適化

301 目的関数の設定

スラブの配置を決定する最適化において、目的関数は最小化される。xをシミュレーションにより算出される値 / 目標値として、目的関数 $f(x)$ を以下のように定める。

$$f(x) = |1 - \log_{10}(10x)|$$



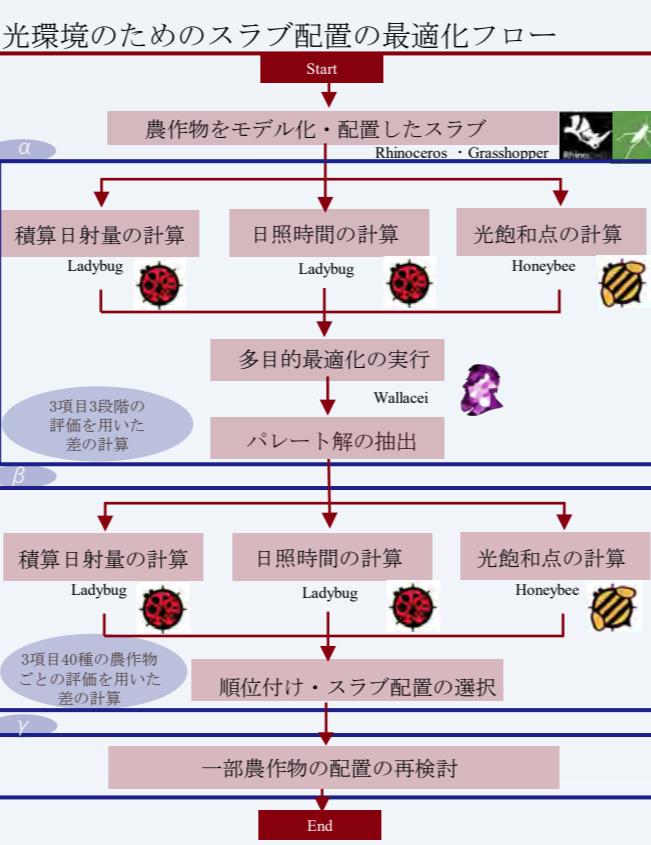
積算日射量、日照時間、光飽和点はそれぞれシミュレーションによる算出値=目標値の時、 $f(x)=0$ で最小となる。

$f(x)$ は算出値 < 目標値で、算出値 < 目標値のときよりも小さな値となる。これは、農作物にとって成長に支障をきたすほど光が不足している状態にペナルティを科し、最適化を進めることを可能にするねらいがある。

302 手法の最適化

農作物がほしい光環境を得られるスラブの配置を効率良く決定するために、以下の手順に従ってスラブ配置を決定する。

- α: 3項目3段階の目標値を用いた1000個から5個のスラブ配置の最適化
- β: 3項目農作物ごとの目標値を用いたスラブ配置の評価と決定
- γ: 決定したスラブ配置において光環境の悪い農作物の再配置と比較評価



α: 3項目3段階の評価指標

農作物表面でシミュレーションによって算出される値の各段階での平均値と以下に示す目標値の差を評価する。

農作物	積算日射量 [MJ/m ²]	日照時間 [h]	光飽和点 [h]
トマト	1660	9.4	74400
ナス	1200	9	60000
ピーマン	850	7.4	49400
豆	200	6	45000
トマト	380	4.3	34300

※該当する段階に含まれる農作物ごとの目標値の平均をその段階における目標値とする。

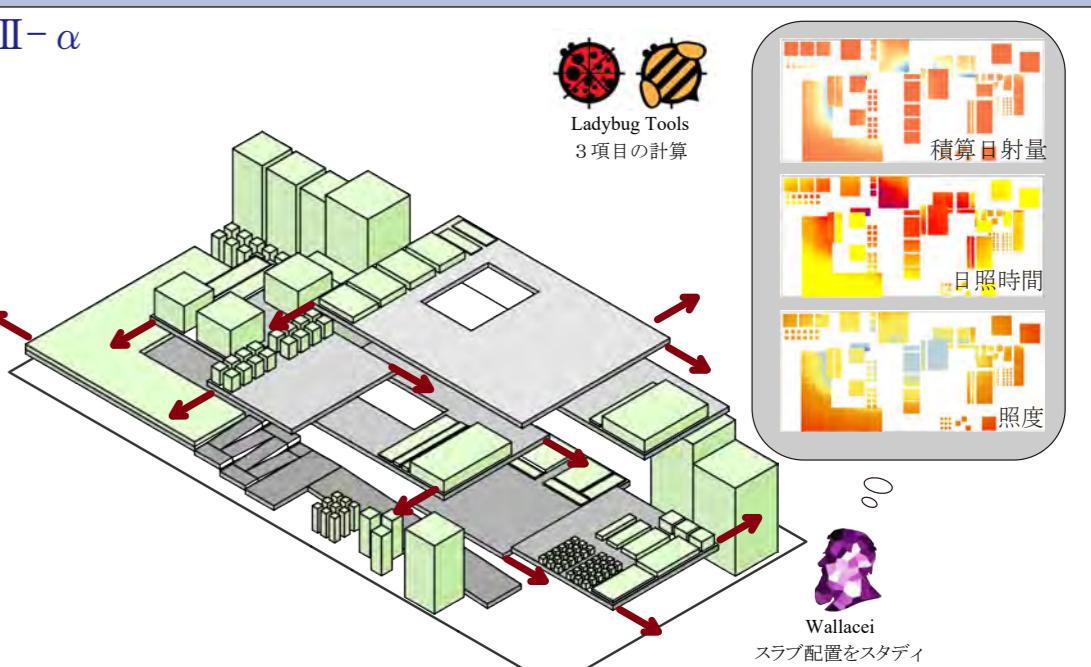
β: 3項目農作物ごとの評価指標

農作物表面における算出値とそれぞれの目標値の差を評価する。

農作物	積算日射量 [MJ/m ²]	日照時間 [h]	光飽和点 [h]
トマト	2740	10	90000
ナス	2050	10	60000
ピーマン	1820	9	60000
豆	1700	7	80000
トマト	1650	7	54000
ナス	1340	8	55000
ピーマン	1340	8	55000
豆	1250	7	55000
トマト	1230	9	46000
ナス	1180	8	50000
ピーマン	1100	6	50000
豆	1080	7	50000
トマト	1000	7	46000
ナス	950	9	35000
ピーマン	820	6	35000
豆	800	6	44000
トマト	780	6	49000
ナス	750	6	40000
ピーマン	720	6	40000
豆	640	5	30000
トマト	530	5	35000
ナス	530	4	35000
ピーマン	460	6	25000
豆	390	4	25000
トマト	370	4	30000
ナス	310	4	25000
ピーマン	230	3	25000
豆	110	10	25000
トマト	180	3	20000

III 最適化によるスラブ配置の決定

a 多目的最適化による1000個から5個の選択



04. Design 空間システムと環境性能の向上

最適化したスラブに構造と設備の機能を内包するコアや設備システムを挿入する。

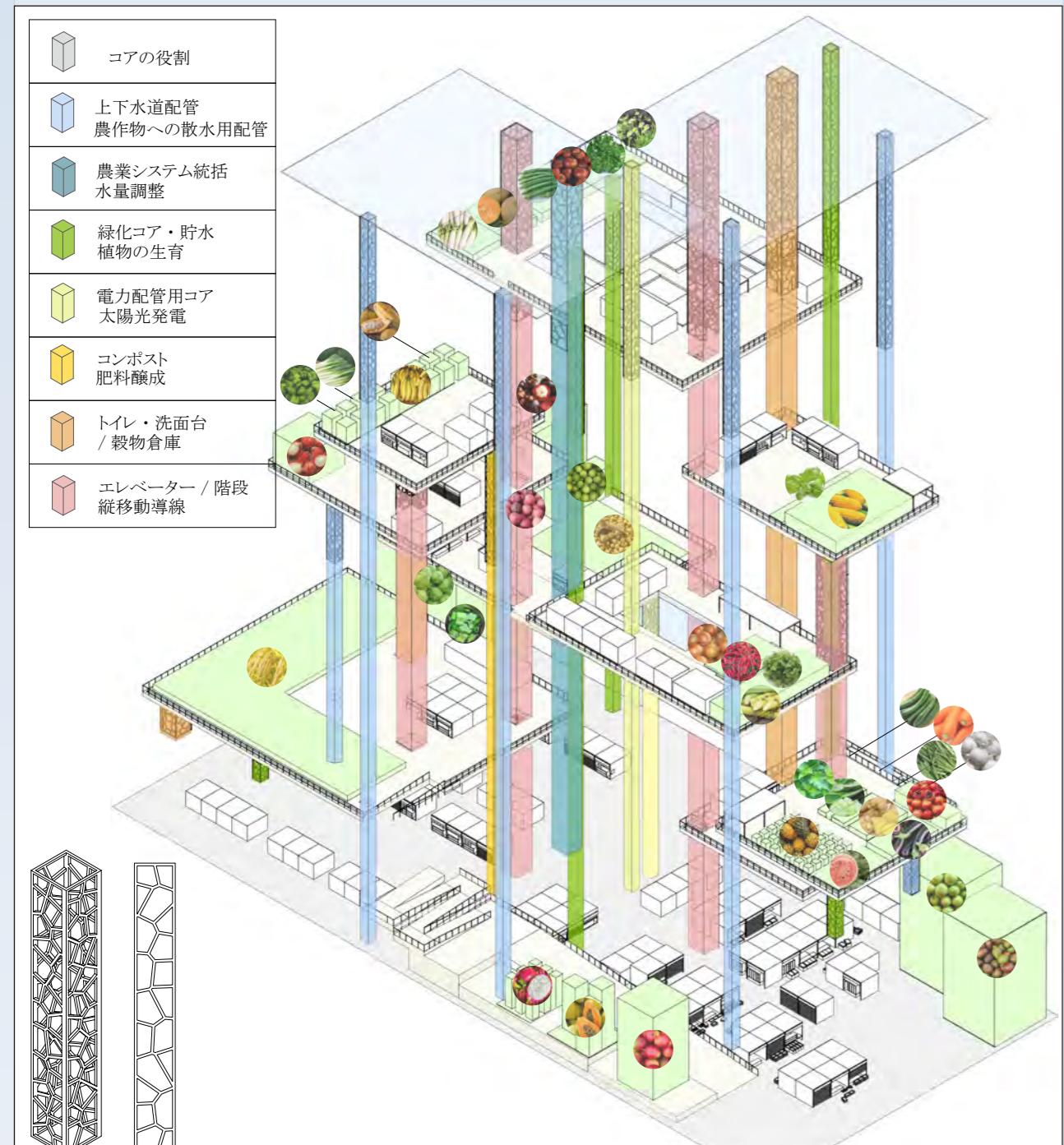
04-a 設備システムと垂直導線となるコア

コアは構造を支えつつ、設備システムが内包される。

～ボロノイ図を用いた柱のデザイン～

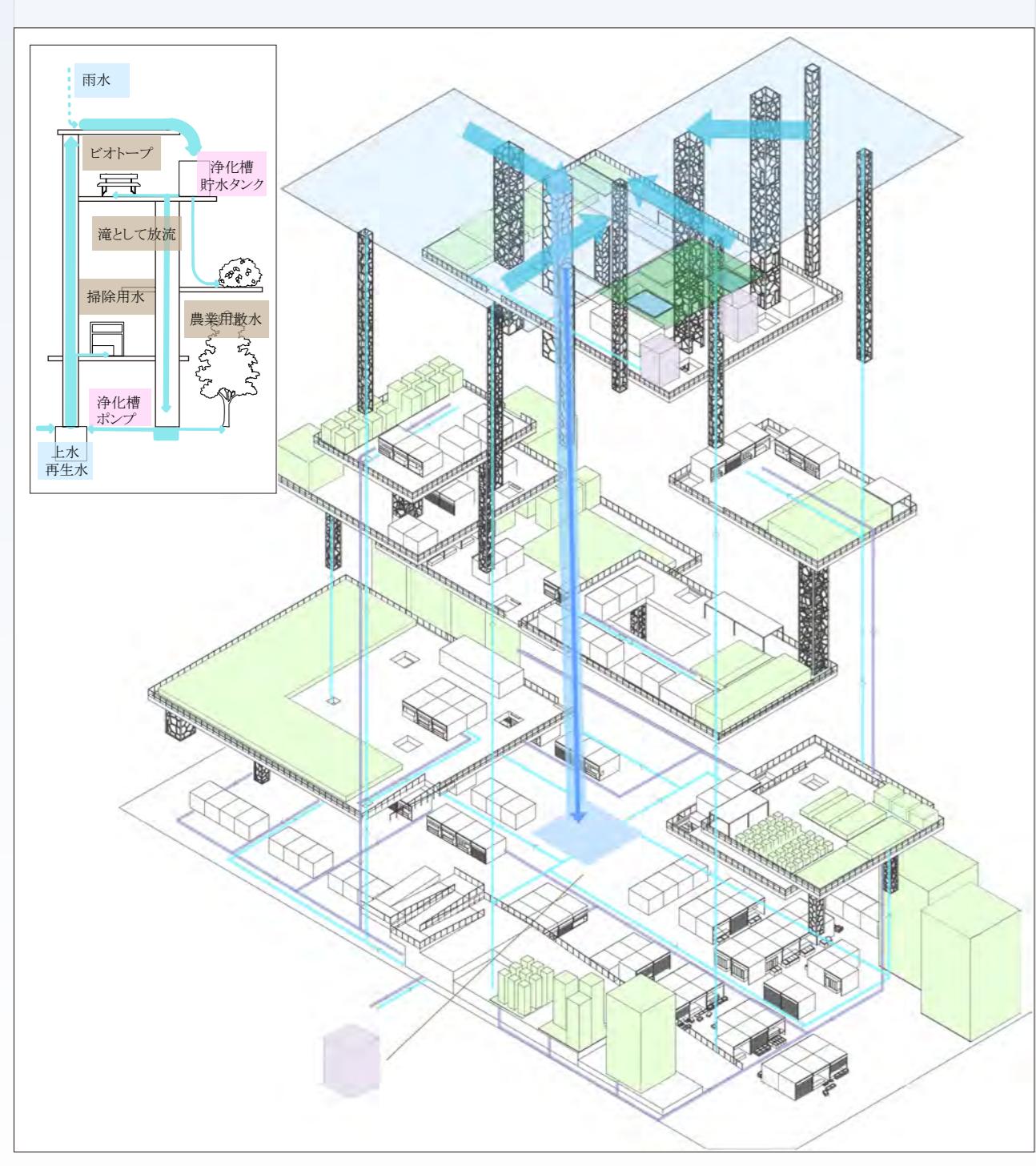
人工物である建築には空間をとてだけでなく、デザインとしても自然を取り入れる。自然界で見られるデザインであるボロノイ図を用いた鉄骨によって、柱の強度を確保する。

コアには、人間や農作物が移動するための垂直導線となるものから、緑化されたものや、上下水道の配管となるコアがあり、人間と自然が共生する空間創りを可能にしている。

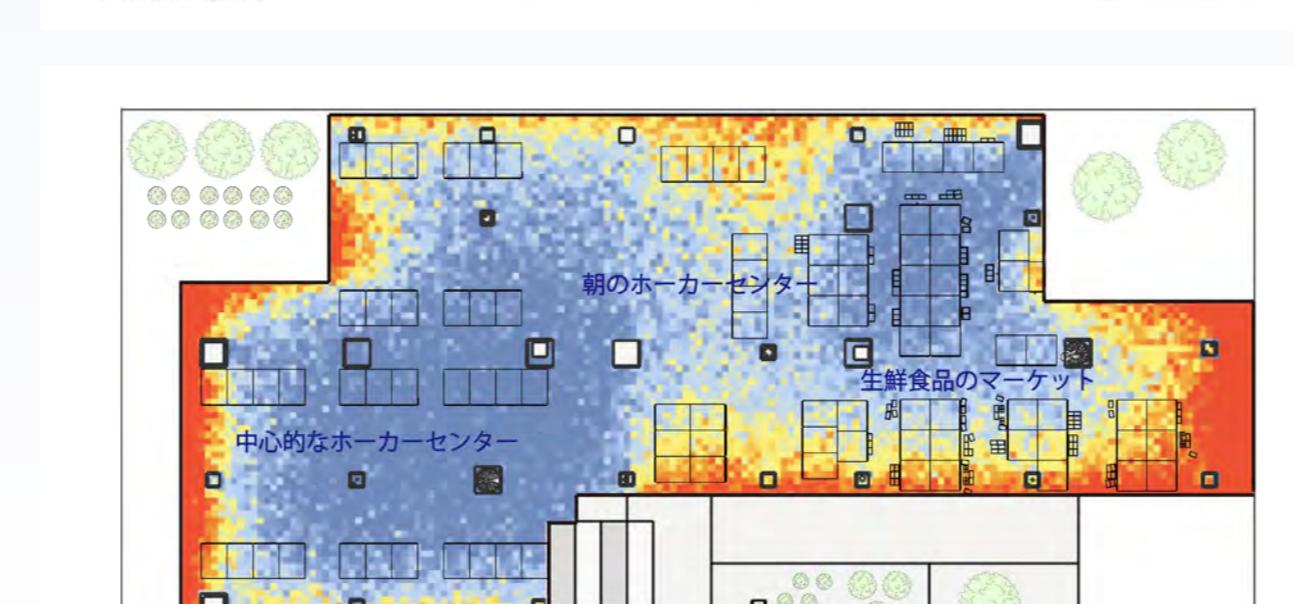
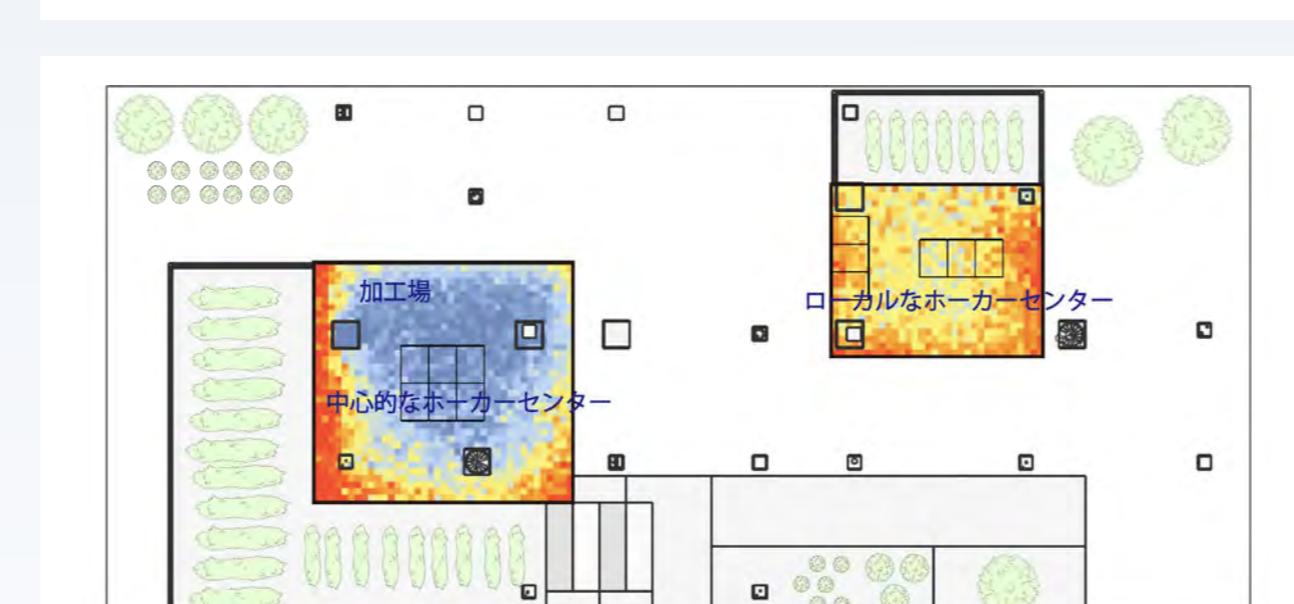
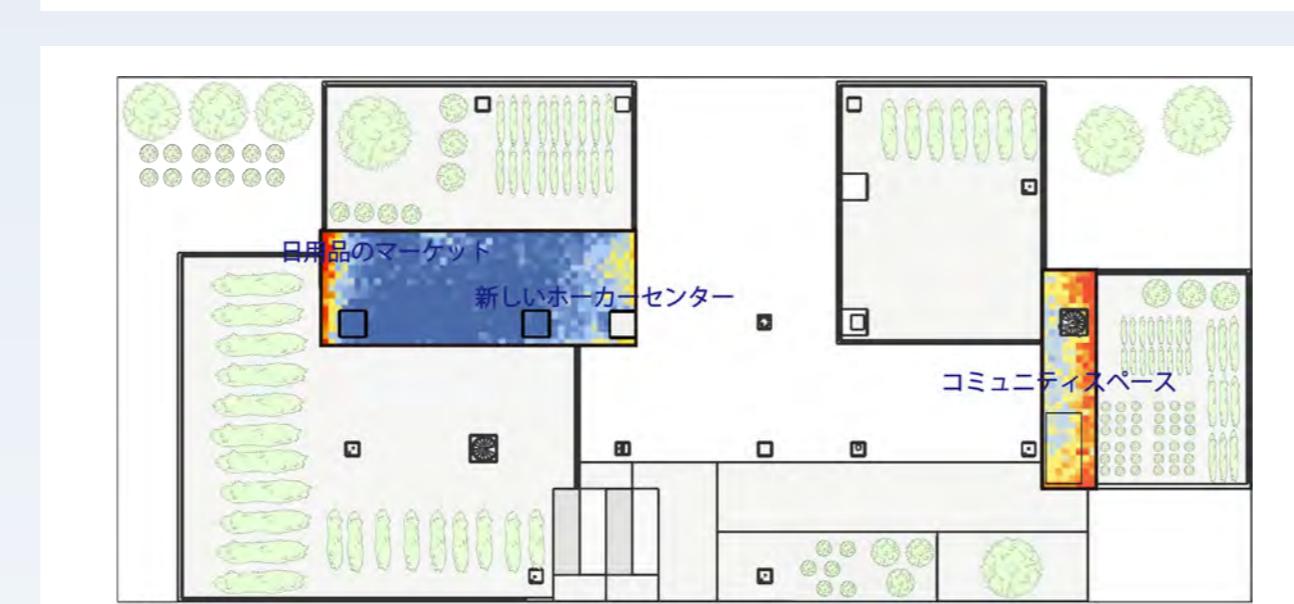
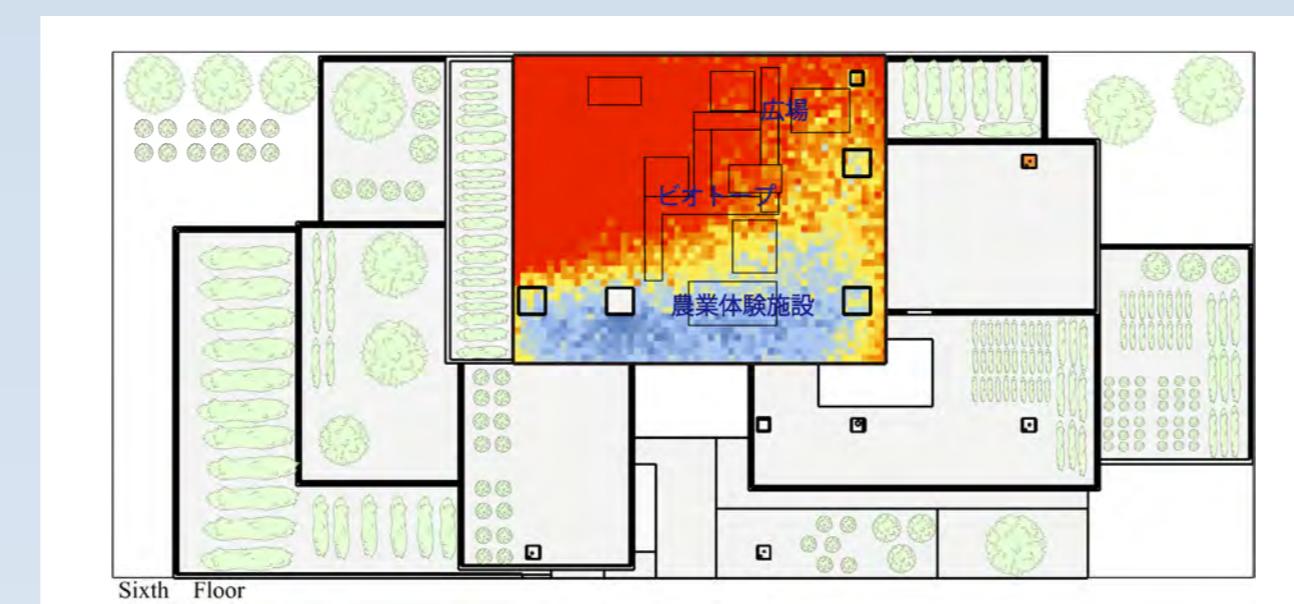


04-b 空間の垂直方向の水利用

最適化されたスラブの上部は、雨に弱い農作物をシンガポールのスコールから守りつつ、光環境を変化させないように、ガラスで覆われる。このガラスは雨水を集水する。この空間において、集水された雨水は、上水とともに農業用水やビオトープに使用され、节水の効果が得られる。また、余剰分を空間に蓄して放流すること、周辺の空気を冷やし、シンガポールの半屋外空間における暑熱緩和を図ることができる。



03. Plan 人間の多様性を認める空間



200 400 600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000 2200 [lx]

